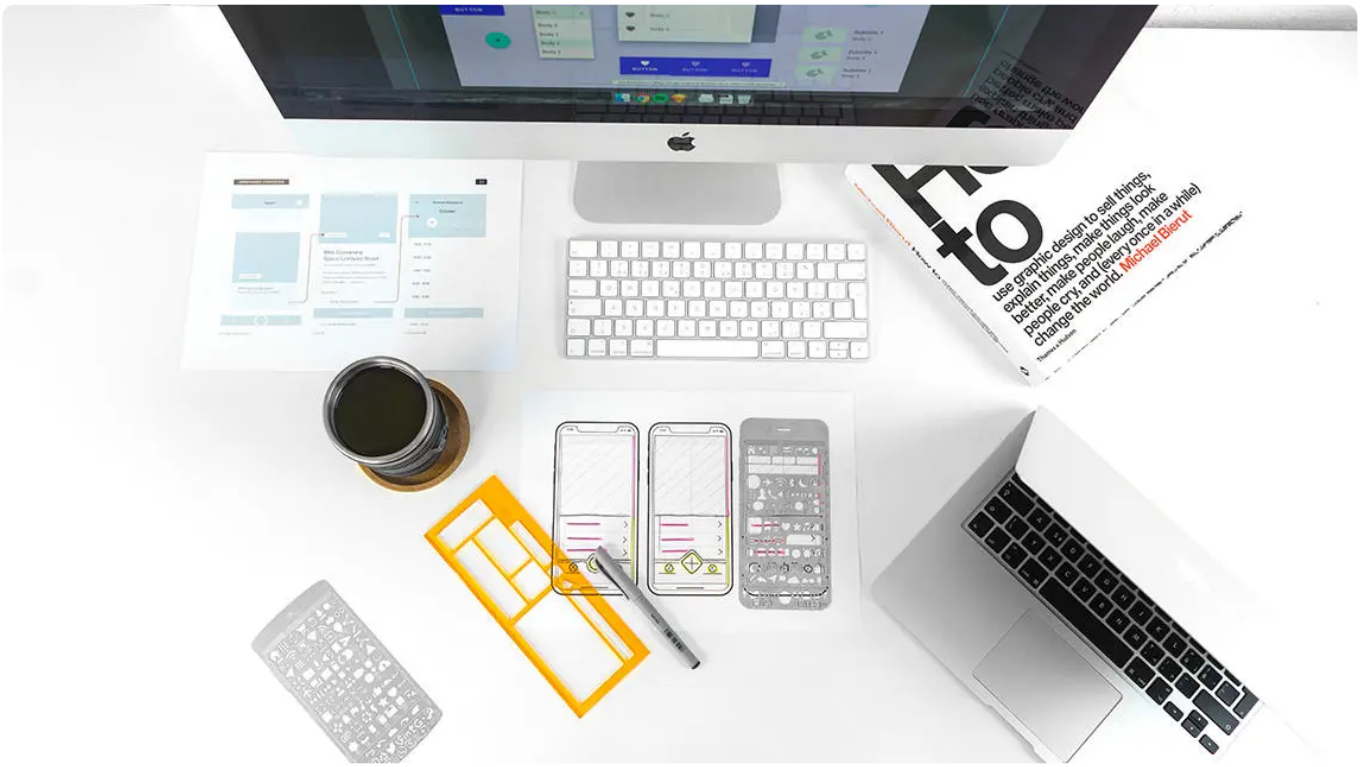
29｜运行时：Vue在浏览器里是怎么跑起来的？

2021-12-27 大圣

《玩转Vue 3全家桶》 课程介绍 >



讲述：大圣

时长 08:44 大小 8.00M

你好，我是大圣。

上一讲我们学习了 Vue 响应式的大致原理，响应式就是可以把普通的 JavaScript 对象包裹成响应式对象，这样，我们对对象做的修改，响应式都能够监听到，并且执行 effect 内部注册的函数来执行数据修改之后的效果。

那今天我就跟你聊一下 Vue 在浏览器里是如何运行的，照例我们还是对着 Vue 3 的源码来学习，不过源码复杂，为了帮助你理解主要逻辑，我会直接把源码简化再演示，当然怎么简化源码的一些小技巧也会顺便分享给你。

好了废话不多说，我们马上开始。前端框架需要处理的最核心的两个流程，就是首次渲染和数据更新后的渲染。先来看首次渲染的源码。演示代码会用 Vue 3 的实际代码，你也可

以在 weiyouyi 项目中看到我们课程的 mini 版本代码。

首次渲染

我们知道，想要启动一个 Vue 项目，只需要从 Vue 中引入 createApp，传入 App 组件，并且调用 createApp 返回的 App 实例的 mount 方法，就实现了项目的启动。这个时候 Vue 也完成了首次渲染，代码逻辑如下：

```
import { createApp } from 'vue'   52.4K (gzipped: 20.5K)
import App from './App.vue'
import ElContainer from './components/container/ElContainer.vue'
import ElButton from './components/button'

const app = createApp(App)        创建app

app.component('ElContainer',ElContainer)    注册组件

app.use(ElButton)                 注册插件

  .mount('#app')                  挂载应用
```

所以 createApp 就是项目的初始化渲染入口。

但是这段简单的代码是怎么完成初始化渲染的呢？我们可以在 Vue 中的 runtime-dom 中看到 createApp 的定义，你可以打开 GitHub 链接查看。

这里就有一个看代码的小技巧，分享给你，我们首次查看源码的时候，可以先把一些无用的信息删除，方便自己梳理主体的逻辑。看 Vue 代码，和今天主题无关的无用信息有哪些，__COMPAT__ 代码是用来兼容 Vue 2 的，__DEV__ 代码是用来调试的，我们可以把这些代码删除之后，得到下面的简化版 createApp 源码。

再看思路就比较清晰了。我们使用 ensureRenderer 返回的对象去创建 app，并且重写了 app.mount 方法；在 mount 方法内部，我们查找 mount 传递的 DOM 元素，并且调用 ensureRenderer 返回的 mount 方法，进行初始化渲染。如下图所示：

之前我们讲过要会 TypeScript，这时你就能感受到 TypeScript 的好处了，现在即使我们不知道 app.mount 是什么逻辑，也能知道这个函数的参数只能是 Element、ShadowRoot 或者 string 三者之一，也就很好理解内部的 normalizeContainer 就是把你传递的参数统一变为浏览器的 DOM 元素，Typescript 类型带来的好处，我们在读源码的时候会一直感受得到。

复制代码

```
export const createApp = ((...args) => {
  const app = ensureRenderer().createApp(...args)
  const { mount } = app
  // 重写mount
  app.mount = (containerOrSelector: Element | ShadowRoot | string): any => {
    const container = normalizeContainer(containerOrSelector)
    if (!container) return

    const component = app._component
    if (!isFunction(component) && !component.render && !component.template) {
      component.template = container.innerHTML
    }
    container.innerHTML = ''
    const proxy = mount(container, false, container instanceof SVGElement)
    if (container instanceof Element) {
      container.removeAttribute('v-cloak')
      container.setAttribute('data-v-app', '')
    }
    return proxy
  }
  return app
})
function normalizeContainer(container){
  if (isString(container)) {
    const res = document.querySelector(container)
  }
  return container
```

```
28 }
```

我们继续深入了解 ensureRenderer 方法，以及 ensureRenderer 方法返回的 createApp 方法。

这里 ensureRenderer 函数，内部通过 createRenderer 函数，创建了一个浏览器的渲染器，并且缓存了渲染器 renderer，这种使用闭包做缓存的方式，你在日常开发中也可以借鉴这种思路。

createRenderer 函数，我们在自定义渲染器那一讲里学到过，传递的 rendererOptions 就是浏览器里面标签的增删改查 API：

复制代码

```
// 浏览器dom操作
import { nodeOps } from './nodeOps'
// 浏览器dom属性更新
import { patchProp } from './patchProp'
import { createRenderer } from '@vue/runtime-core'
const rendererOptions = extend({ patchProp }, nodeOps)

let renderer: Renderer<Element | ShadowRoot> | HydrationRenderer

function ensureRenderer() {
  return (
    renderer ||
    (renderer = createRenderer<Node, Element | ShadowRoot>(rendererOptions))
  )
}
```

可以看到，createRenderer 函数传递的参数是 nodeOps 和 patchProp 的合并对象。

我们继续进入 nodeOps 和 pathProp 也可以看到下面的代码，写了很多方法。通过 ensureRenderer 存储这些操作方法后，createApp 内部就可以脱离具体的渲染平台了，这也是 Vue 3 实现跨端的核心逻辑：

复制代码

```
export const nodeOps: Omit<RendererOptions<Node, Element>, 'patchProp'> = {
  insert: (child, parent, anchor) => {
    parent.insertBefore(child, anchor || null)
  },
```

```
  remove: child => {
    const parent = child.parentNode
    if (parent) {
      parent.removeChild(child)
    }
  },
  createElement: (tag, isSVG, is, props): Element => {
    const el = isSVG
      ? doc.createElementNS(svgNS, tag)
      : doc.createElement(tag, is ? { is } : undefined)

    if (tag === 'select' && props && props.multiple != null) {
      ;(el as HTMLSelectElement).setAttribute('multiple', props.multiple)
    }
    return el
  },

  createText: text => doc.createTextNode(text),

  createComment: text => doc.createComment(text),

  setText: (node, text) => {
    node.nodeValue = text
  },

  setElementText: (el, text) => {
    el.textContent = text
  },
  parentNode: node => node.parentNode as Element | null,
  nextSibling: node => node.nextSibling,
  querySelector: selector => doc.querySelector(selector),
...
}
```

然后我们就需要进入到 rumtime-core 模块去看下 createRenderer 是如何工作的。你可以在这个GitHub 链接内看到 createRenderer 的代码逻辑。当然源码比较复杂，我们照样需要简化一下。

createRenderer 是调用 baseCreateRenderer 创建的，baseCreateRenderer 函数内部有十几个函数，代码行数合计 2000 行左右，这也是我们学习 Vue 源码最复杂的一个函数了。按前面简化源码的思路，先把工具函数的实现折叠起来，精简之后代码主要逻辑其实很简单。

我们一起来看。

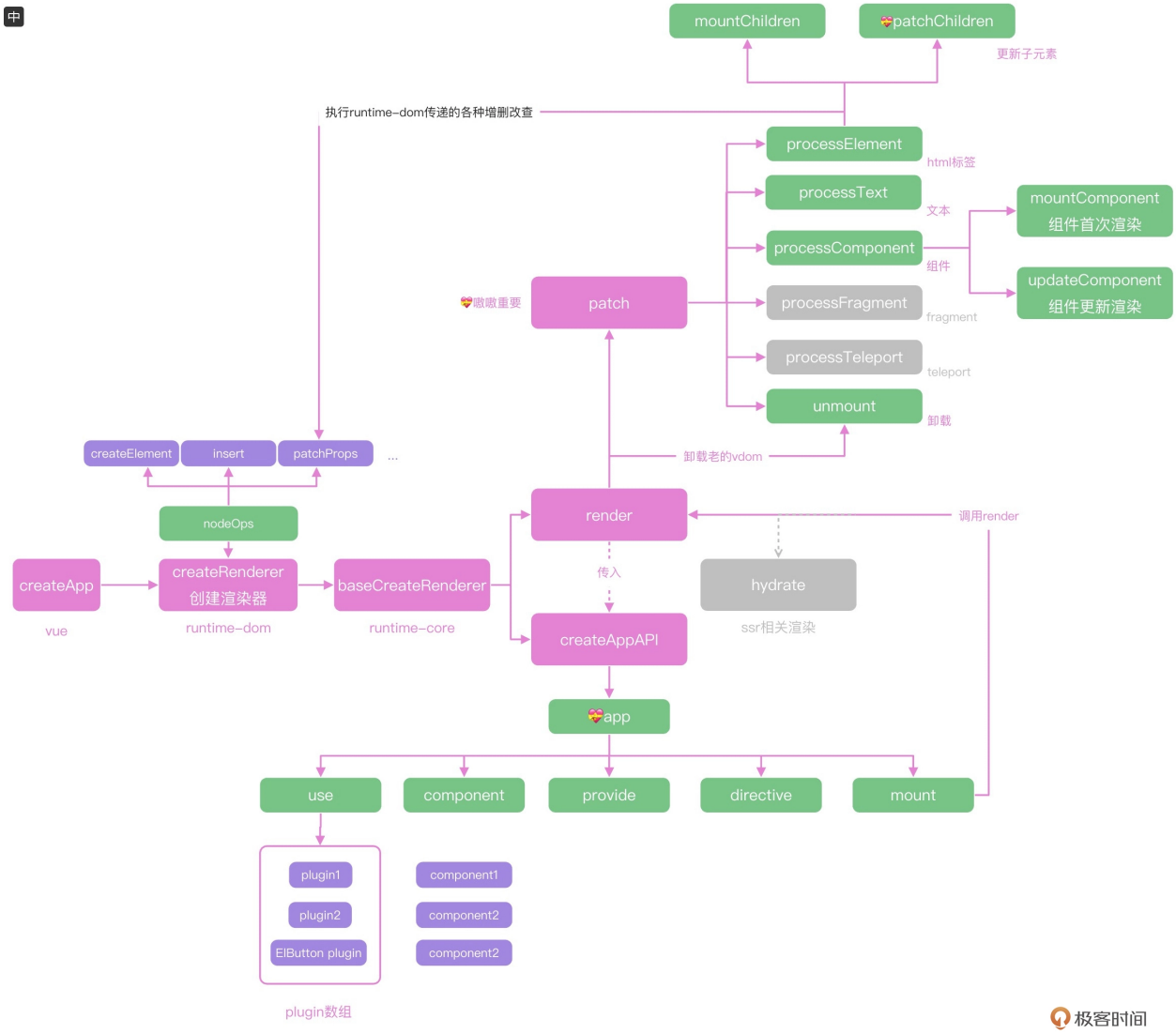
首先获取了平台上所有的 insert、remove 函数，这些函数都是 nodeOps 传递进来的，然后定义了一些列 patch、mount、unmount 函数，通过名字我们不难猜出，这就是 Vue 中更新、渲染组件的工具函数，比如 mountElement 就是渲染 DOM 元素、mountComponent 就是渲染组件 updateComponent 就是更新组件。这部分的简化代码，你也可以在weiyouyi项目中查看。

复制代码

```
export function createRenderer<
  HostNode = RendererNode,
  HostElement = RendererElement
>(options: RendererOptions<HostNode, HostElement>) {
  return baseCreateRenderer<HostNode, HostElement>(options)
}

function baseCreateRenderer(){
    const {
    insert: hostInsert,
    remove: hostRemove,
    patchProp: hostPatchProp,
    createElement: hostCreateElement,
    createText: hostCreateText,
    createComment: hostCreateComment,
    setText: hostSetText,
    setElementText: hostSetElementText,
    parentNode: hostParentNode,
    nextSibling: hostNextSibling,
    setScopeId: hostSetScopeId = NOOP,
    cloneNode: hostCloneNode,
    insertStaticContent: hostInsertStaticContent
  } = options
  const patch = ()=>... //一个函数
  const processText = ()=>...
  const processCommentNode = ()=>...
  const processElement = ()=>...
  const mountElement = ()=>...
  const mountChildren = ()=>...
  const patchElement = ()=>...
  const patchBlockChildren = ()=>...
  const patchProps = ()=>...
  const processComponent = ()=>...
  const mountComponent = ()=>...
  const updateComponent = ()=>...
  const setupRenderEffect = ()=>...
  const patchChildren = ()=>...
  const patchKeyedChildren = ()=>...
  const unmount = ()=>...
  const unmountComponent = ()=>...
  const unmountComponent = ()=>...
```

```
  const unmountComponent = ()=>...
  const unmountComponent = ()=>...
  const render: RootRenderFunction = (vnode, container, isSVG) => {
    if (vnode == null) {
      if (container._vnode) {
        unmount(container._vnode, null, null, true)
      }
    } else {
      patch(container._vnode || null, vnode, container, null, null, null, isSV
    }
    flushPostFlushCbs()
    container._vnode = vnode
  }
  return {
    render,
    hydrate,
    createApp: createAppAPI(render, hydrate)
  }
}
```

整个 createApp 函数的执行逻辑如下图所示：



最后返回的 createApp 方法，实际上是 createAPI 的返回值，并且给 createAPI 传递了 render 方法。render 方法内部很简单，就是判断 container 容器上有没有 _vnode 属性，如果有的话就执行 unmout 方法，没有的话就执行 patch 方法，最后把 vnode 信息存储在 container._vnode 上。

那 createAppAPI 又做了什么呢？我们继续进入 createAppAPI 源码，看下面的代码。内部创建了一个 app 对象，app 上注册了我们熟悉的 use、component 和 mount 等方法：

复制代码

```
export function createAppAPI<HostElement>(
  render: RootRenderFunction,
  hydrate?: RootHydrateFunction
): CreateAppFunction<HostElement> {
  return function createApp(rootComponent, rootProps = null) {
    const context = createAppContext()
```

```
    let isMounted = false

    const app: App = (context.app = {
      _context: context,
      _instance: null,
      use(plugin: Plugin, ...options: any[]) ,
      component(name: string, component?: Component): any {
        if (!component) {
          return context.components[name]
        }
        context.components[name] = component
        return app
      },
      directive(name: string, directive?: Directive)
      mount(
        rootContainer: HostElement,
        isHydrate?: boolean,
        isSVG?: boolean
      ): any {
        if (!isMounted) {
          const vnode = createVNode(
            rootComponent as ConcreteComponent,
            rootProps
          )
          vnode.appContext = context
          // 核心的逻辑
          if (isHydrate && hydrate) {
            hydrate(vnode as VNode<Node, Element>, rootContainer as any)
          } else {
            render(vnode, rootContainer, isSVG)
          }
          return getExposeProxy(vnode.component!) || vnode.component!.proxy
        }
      },

      provide(key, value) {
        context.provides[key as string] = value
        return app
      }
    })

    return app
  }
}
```

可以看到 mount 内部执行的是传递进来的 render 方法，也就是上面的 render 方法。container 就是我们 app.mount 中传递的 DOM 元素，对 DOM 元素进行处理之后，执行 patch 函数实现整个应用的加载。

所以我们的下一个任务就是需要搞清楚 patch 函数的执行逻辑。

patch 函数

patch 传递的是 container._vnode，也就是上一次渲染缓存的 vnode、本次渲染组件的 vnode，以及容器 container。

下面就是 patch 函数的代码，核心代码我添加了注释。其中 n1 是上次渲染的虚拟 DOM，n2 是下次要渲染的虚拟 DOM。

首先可以把 n1 和 n2 做一次判断，如果虚拟 DOM 的节点类型不同，就直接 unmount 之前的节点。因为比如之前是 Button 组件，现在要渲染 Container 组件，就没有计算 diff 的必要，直接把 Button 组件销毁再渲染 Container 即可。

如果 n1 和 n2 类型相同，比如都是 Button 组件或者都是 div 标签，我们需要判断具体的类型再去执行不同的函数，比如 processText、processFragment、processElement 以及 processComponent 等函数。

看第 55 行，这里的 ShapeFlags 用到了位运算的知识，我们后面会通过刷算法题的方式介绍，暂时我们只需要知道，ShapeFlags 可以帮助我们快速判断需要操作的类型就可以了。

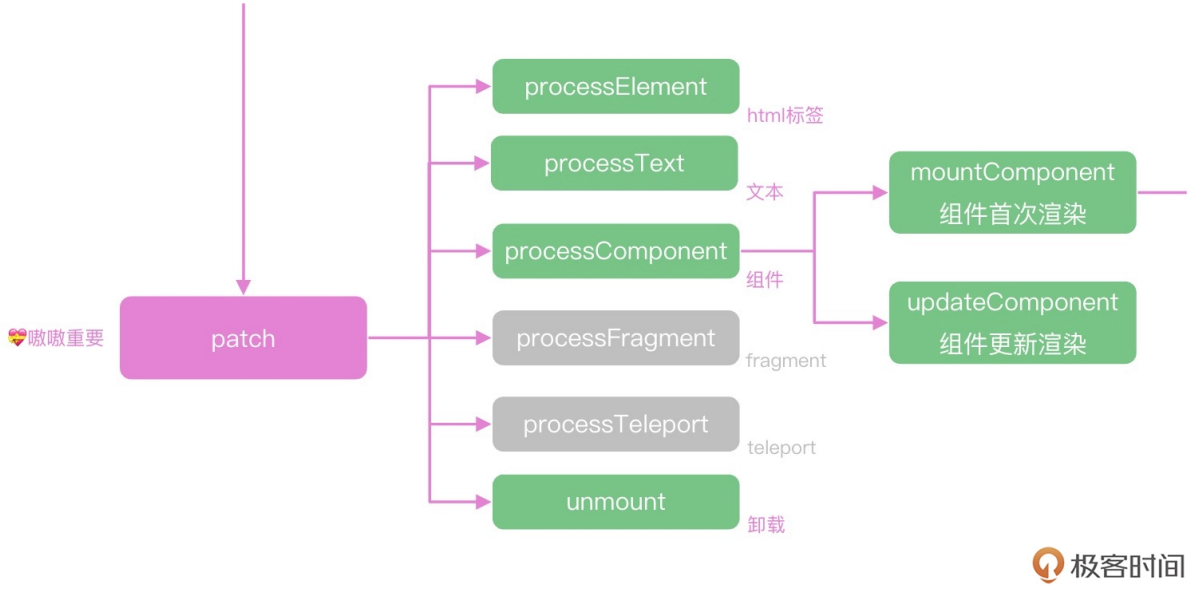
复制代码

```
1   const patch: PatchFn = (
2     n1,
3     n2,
4     container,
5     anchor = null,
6     parentComponent = null,
7     parentSuspense = null,
8     isSVG = false,
9     slotScopeIds = null,
10    optimized = __DEV__ && isHmrUpdating ? false : !!n2.dynamicChildren
11  ) => {
12    // 两次虚拟dom完全一样 啥也不用干
13    if (n1 === n2) {
14      return
15    }
16    // 虚拟dom节点类型不一样， unmount老的虚拟dom，并且n1赋值null
17    if (n1 && !isSameVNodeType(n1, n2)) {
18      anchor = getNextHostNode(n1)
19      unmount(n1, parentComponent, parentSuspense, true)
20
```

```
      n1 = null
    }
    // n2是要渲染的虚拟dom，我们获取type，ref和shapeFlag
    const { type, ref, shapeFlag } = n2
    switch (type) {
      case Text:
        // 文本
        processText(n1, n2, container, anchor)
        break
      case Comment:
        // 注释
        processCommentNode(n1, n2, container, anchor)
        break
      case Static:
        // 静态节点
        if (n1 == null) {
          mountStaticNode(n2, container, anchor, isSVG)
        } else if (__DEV__) {
          patchStaticNode(n1, n2, container, isSVG)
        }
        break
      case Fragment:
        processFragment(
          n1,
          n2,
          container,
          anchor,
          parentComponent,
          parentSuspense,
          isSVG,
          slotScopeIds,
          optimized
        )
        break
      default:
        // 运运算判断操作类型
        if (shapeFlag & ShapeFlags.ELEMENT) {
          // html标签
          processElement(
            n1,
            n2,
            container,
            anchor,
            parentComponent,
            parentSuspense,
            isSVG,
            slotScopeIds,
            optimized
          )
        } else if (shapeFlag & ShapeFlags.COMPONENT) {
          // 组件
          processComponent(
```

```
            n1,
            n2,
            container,
            anchor,
            parentComponent,
            parentSuspense,
            isSVG,
            slotScopeIds,
            optimized
          )
        } else if (shapeFlag & ShapeFlags.TELEPORT) {
          ;(type as typeof TeleportImpl).process(
            n1 as TeleportVNode,
            n2 as TeleportVNode,
            container,
            anchor,
            parentComponent,
            parentSuspense,
            isSVG,
            slotScopeIds,
            optimized,
            internals
          )
        } else if (__FEATURE_SUSPENSE__ && shapeFlag & ShapeFlags.SUSPENSE) {
          ;(type as typeof SuspenseImpl).process(
            n1,
            n2,
            container,
            anchor,
            parentComponent,
            parentSuspense,
            isSVG,
            slotScopeIds,
            optimized,
            internals
          )
        } else if (__DEV__) {
          warn('Invalid VNode type:', type, `(${typeof type})`)
        }
    }

    // set ref
    if (ref != null && parentComponent) {
      setRef(ref, n1 && n1.ref, parentSuspense, n2 || n1, !n2)
    }
```

代码的整体执行逻辑如下图所示：



我们首次渲染的 App 是一个组件，所以要执行的就是 processComponent 方法。

processComponent 方法

那我们继续进入到 processComponent 代码内部，看下面的代码。首次渲染的时候，n1 就是 null，所以会执行 mountComponent；如果是更新组件的时候，n1 就是上次渲染的 vdom，需要执行 updateComponent。

复制代码

```
const processComponent = (
  n1: VNode | null,
  n2: VNode,
  container: RendererElement,
  anchor: RendererNode | null,
  parentComponent: ComponentInternalInstance | null,
  parentSuspense: SuspenseBoundary | null,
  isSVG: boolean,
  slotScopeIds: string[] | null,
  optimized: boolean
) => {
  n2.slotScopeIds = slotScopeIds
  if (n1 == null) {
    if (n2.shapeFlag & ShapeFlags.COMPONENT_KEPT_ALIVE) {
      ;(parentComponent!.ctx as KeepAliveContext).activate(
        n2,
        container,
        anchor,
        isSVG,
        optimized
      )
    } else {
```

```
        mountComponent(
          n2,
          container,
          anchor,
          parentComponent,
          parentSuspense,
          isSVG,
          optimized
        )
      }
    } else {
      updateComponent(n1, n2, optimized)
    }
  }
```

updateComponent 是虚拟 DOM 的逻辑，我们会在下一讲详细剖析，这一讲主要讲首次渲染的过程。

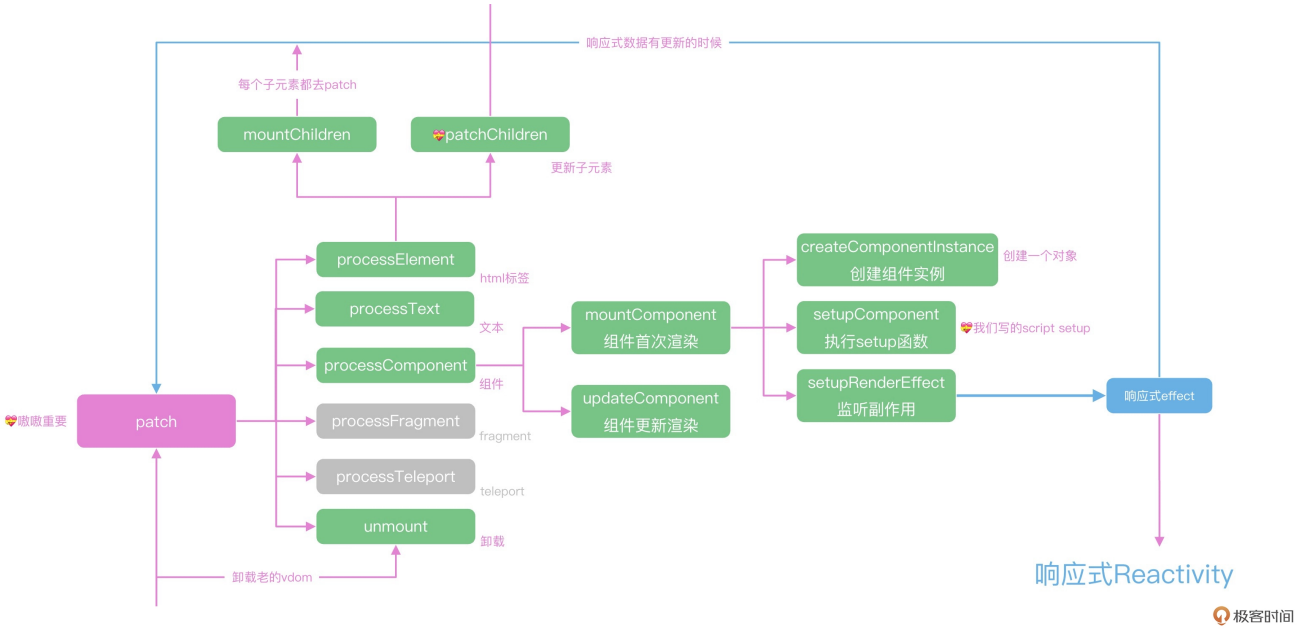
所以我们进入 mountComponent 函数中，可以看到 mountComponent 函数内部会对组件的类型进行一系列的判断，还有一些对 Vue 2 的兼容代码，核心的渲染逻辑就是 setupComponent 函数和 setupRenderEffect 函数。

复制代码

```
import {setupComponent} from './component'
  const mountComponent: MountComponentFn = (
  ) => {
    // 2.x compat may pre-creaate the component instance before actually
    // mounting
    const compatMountInstance =
      __COMPAT__ && initialVNode.isCompatRoot && initialVNode.component
    const instance: ComponentInternalInstance =
      compatMountInstance ||
      (initialVNode.component = createComponentInstance(
        initialVNode,
        parentComponent,
        parentSuspense
      ))

    // resolve props and slots for setup context
    if (!(__COMPAT__ && compatMountInstance)) {

      setupComponent(instance)

    }
     (
      instance,
```

```
      initialVNode,
      container,
      anchor,
      parentSuspense,
      isSVG,
      optimized
    )

    if (__DEV__) {
      popWarningContext()
      endMeasure(instance, `mount`)
    }
  }
```

setupComponent 和 setupRenderEffect，它俩又做了点什么呢？可以参考下面的示意图这两个实现组件首次渲染的函数：



setupComponent

首先看 setupComponent，要完成的就是执行我们写的 setup 函数。

可以看到，内部先初始化了 props 和 slots，并且执行 setupStatefulComponent 创建组件，而这个函数内部从 component 中获取 setup 属性，也就是 script setup 内部实现的函数，就进入到我们组件内部的 reactive、ref 等函数实现的逻辑了。

复制代码

```
export function setupComponent(
  instance: ComponentInternalInstance,
```

```
  isSSR = false
) {
  isInSSRComponentSetup = isSSR

  const { props, children } = instance.vnode
  const isStateful = isStatefulComponent(instance)
  initProps(instance, props, isStateful, isSSR)
  initSlots(instance, children)

  const setupResult = isStateful
    ? setupStatefulComponent(instance, isSSR)
    : undefined
  isInSSRComponentSetup = false
  return setupResult
}

function setupStatefulComponent(
  instance: ComponentInternalInstance,
  isSSR: boolean
) {
  const Component = instance.type as ComponentOptions
  // 执行setup
  const { setup } = Component
  if (setup) {
    const setupContext = (instance.setupContext =
      setup.length > 1 ? createSetupContext(instance) : null)

    setCurrentInstance(instance)
    pauseTracking()
    const setupResult = callWithErrorHandling(
      setup,
      instance,
      ErrorCodes.SETUP_FUNCTION,
      [instance.props, setupContext]
    )
    if (isPromise(setupResult)) {
      setupResult.then(unsetCurrentInstance, unsetCurrentInstance)
    } else {
      handleSetupResult(instance, setupResult, isSSR)
    }
  } else {
    finishComponentSetup(instance, isSSR)
  }
}

export function callWithErrorHandling(
  fn: Function,
  instance: ComponentInternalInstance | null,
  type: ErrorTypes,
  args?: unknown[]
) {
  let res
```

```
  try {
    res = args ? fn(...args) : fn()
  } catch (err) {
    handleError(err, instance, type)
  }
  return res
}
```

setupRenderEffect

另一个 setupRenderEffect 函数，就是为了后续数据修改注册的函数，我们先梳理一下核心的实现逻辑。

组件首次加载会调用 patch 函数去初始化子组件，注意 setupRenderEffect 本身就是在 patch 函数内部执行的，所以这里就会递归整个虚拟 DOM 树，然后触发生命周期 mounted，完成这个组件的初始化。

页面首次更新结束后，setupRenderEffect 不仅实现了组件的递归渲染，还注册了组件的更新机制。

在下面的核心代码中，我们通过 ReactiveEffect 创建了 effect 函数，这个概念上一讲我们手写过，然后执行 instance.update 赋值为 effect.run 方法，这样结合 setup 内部的 ref 和 reactive 绑定的数据，数据修改之后，就会触发 update 方法的执行，内部就会 componentUpdateFn，内部进行递归的 patch 调用执行每个组件内部的 update 方法实现组件的更新。

复制代码

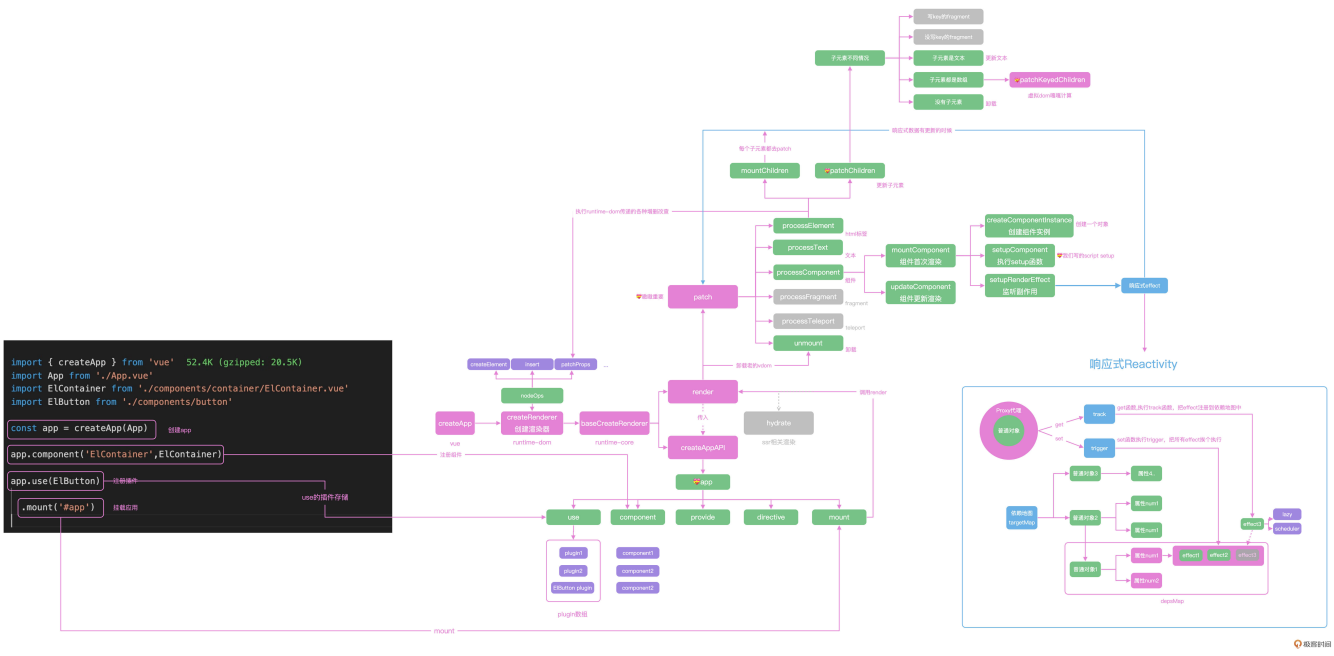
```
    if (!instance.isMounted) {
         patch(
            null,
            subTree,
            container,
            anchor,
            instance,
            parentSuspense,
            isSVG
          )
    }else{
      // updateComponent
    }
    // create reactive effect for rendering
    const effect = new ReactiveEffect(
```

```
      componentUpdateFn,
      () => queueJob(instance.update),
      instance.scope // track it in component's effect scope
    )

    const update = (instance.update = effect.run.bind(effect) as SchedulerJob)
    update.id = instance.uid

    update()
```

这样我们就实现了整个 Vue 的渲染和更新流程。

总结

今天要学的内容就聊完了，我们来总结一下学到的内容吧，今天我们分析了 Vue 3 在浏览器中执行的全流程，你可以配合 Vue 在浏览器中执行的流程图来复习。



Vue 通过 createApp 创建应用，并且执行返回的 mount 方法实现在浏览器中的挂载，在 createApp 中，通过传递浏览器平台的操作方法 nodeOps 创建了浏览器的渲染器 renderer。

首次执行 Vue 项目的时候，通过 patch 实现组件的渲染，patch 函数内部根据节点的不同类型，去分别执行 processElement、processComponent、processText 等方法去递归处理不同类型的节点，最终通过 setupComponent 执行组件的 setup 函数，setupRenderEffect 中使用响应式的 effect 函数监听数据的变化。

你可以先看我们实现的迷你版本项目 weiyouyi，然后再去看 Vue 3 中实际的代码，可以学习代码中很多优秀的设计思路，比如 createRenderer 中使用闭包作为缓存、使用位运算来提高组件类型的判断效率等。学习优秀框架中的代码设计，这对我们日常开发项目的代码质量也有很好的提高作用。

思考题

最后留一个思考题，mount 函数中除了 render 函数，还有一个 hydrate 的函数调用，这个函数式干什么用的呢？欢迎在评论区分享你的答案，我们下一讲再见。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

生成海报并分享

赞 4 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 28 | 响应式：万能的面试题，怎么手写响应式系统

下一篇 30 | 虚拟DOM（上）：如何通过虚拟DOM更新页面？

更多课程推荐

精选留言（1）

写留言

木咀
2021-12-31

果然涉及源码解释的视乎视频更适合——所见即所得。
而看文档听语音，对照源码，难上加难

共 1 条评论 >

1